

# 山区城镇建设用地适宜性评价方法及应用 ——以云南省德宏州为例

杨子生

(云南财经大学国土资源与持续发展研究所,昆明 650221)

**摘要:** 建设山地城市是21世纪城市建设的十大模式之一。实施“城镇上山”战略,其基础是开展山区城镇建设用地适宜性评价。目前,国内外对山区城镇建设用地适宜性评价的研究尚属薄弱环节,其评价指标体系、评价标准、技术方法模式等关键技术方法问题需要深入、广泛的探讨和实证研究。论文针对山区城镇建设的特殊性,构建起由7个特殊因子和10个一般因子(其中有5个同时是特殊因子)共同组成的山区建设用地评价指标体系,采用“极限条件法”与“适宜性指数法”相结合的技术方法,通过确定单项评价因子指数和综合性适宜指数,并运用GIS技术,以第二次土地调查1:10 000土地利用现状图的基本图斑为评价单元,分析和评定了云南德宏州山区每一评价单元图斑的城镇建设用地适宜性及其适宜等级。评价结果表明,在全州山区面积985 787.40 hm<sup>2</sup>中,其宜建地和不宜建地分别占14.37%和85.63%,一等宜建地、二等宜建地和三等宜建地的构成比例约为12:33:55。评价结果已应用于德宏州各县(市)“城镇上山”型土地利用总体规划(2010—2020年)修编之中,成效明显,使德宏州“保护坝区农田,建设山地城镇”战略得以顺利实施,全州坝区84%以上的优质耕地得到了永久性保护,新增建设占用耕地比例大幅下降。论文建立的山区建设用地适宜性评价指标体系和评价方法适用于云南山区建设用地适宜性评价,可为云南省乃至国内外类似山区加强坝区(或平原区)优质耕地保护、合理建设山地城镇发展模式提供理论和技术支撑。

**关键词:** 山区;城镇建设用地;适宜性评价;极限条件法;适宜性指数法;德宏州

**中图分类号:** F301.2;TU984.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3037(2016)01-0064-13

**DOI:** 10.11849/zrzyxb.20141529

建设山地城市是21世纪城市建设的十大模式之一<sup>[1]</sup>,日益受到许多国家的关注。近些年来,随着我国城市化、工业化的快速推进,城镇建设规模不断扩大,保护耕地与保障发展建设之间的矛盾日益尖锐化。为了拓展城市发展空间、同时保护平原或平地(在云南俗称为坝子或坝区)的优质耕地,保障粮食安全和可持续发展,国土资源部确定的对策之一是坡地开发,实施城镇和工业用地“上山”<sup>[2]</sup>,并于2011年确定甘肃、广西、湖北、云南等省(市)作为全国低丘缓坡综合开发利用试点省(区)。云南是一个典型的人地矛盾较为突出的边疆山区省份,全省山区占了93.60%,坝区仅占6.40%<sup>[3]</sup>。为了保护日益减少的坝区耕地,云南省于2011年上半年确立了“保护坝区农田,建设山地城镇”的发展战略(简称“城镇上山”战略)<sup>[4]</sup>。

收稿日期:2014-11-20;修订日期:2015-06-15。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41261018)。**[Foundation item:** National Natural Science Foundation of China, No. 41261018.]

作者简介:杨子生(1964-),男(白族),云南大理人,教授,博士生导师,中国自然资源学会会员(S300000228M),主要从事土地资源与土地利用、土壤侵蚀与水土保持、国土生态安全与区域可持续发展等领域的研究工作。E-mail: yangzisheng@126.com

山地固有的生态环境具有脆弱性，山地资源的不合理开发利用，极易导致山地人地关系的不协调，造成水土流失和生态退化，甚至酿成严重灾害<sup>[5]</sup>。因此，山地（或坡地）的利用需要实施可持续利用方式<sup>[6-7]</sup>，重视土地保护<sup>[8]</sup>。因此，深入开展山区城镇建设用地适宜性评价研究，是当前实施“城镇上山”战略的重要科技需求。从城市防灾角度看，城市土地利用规划与布局中的一个重要问题是对城市用地适宜性进行风险评价<sup>[9]</sup>。事实上，多年来，国内外相关学者已将城市建设用地适宜性评价视为城市规划和城市土地利用规划的一项重要基础性工作。早在1933年的《雅典宪章》就已经涉及到了建设用地选择的理论，认为在城市规划中，针对不同性质的用地需要考虑土地的不同适宜性，并提出了城市的分区功能。1969年，美国的景观建筑师McHarg教授出版的《自然界的设计（Design with Nature）》一书中提出的土地利用生态适宜性理论及其规划实践<sup>[10]</sup>对后来的城市规划和城市用地综合评价产生了重要的影响。20世纪70年代以来，国际上各类土地适宜性评价的广泛开展，为城镇建设用地适宜性评价提供了较为成熟的理论体系，使城镇建设用地适宜性评价迅速展开，研究成果不断涌现<sup>[11-15]</sup>。但总体上对山地（或山区）城镇建设用地适宜性评价的研究尚属薄弱环节，其理论、方法尤其是评价指标体系、评价标准、技术方法模式等关键问题需要深入、广泛的探讨和实证研究。

在云南省实施“城镇上山”战略中，位于滇西南中低山区的德宏傣族景颇族自治州芒市和瑞丽市被确定为全省开展“城镇上山”型土地利用总体规划修编的试点县（市）之一，并进而扩展到全州，因此，本文以德宏州为例，尝试性地开展山区城镇建设用地适宜性评价的研究，确定其山区适宜城镇建设的土地资源分布情况，探讨将城镇空间向山地扩展、发展山地型城镇、解决坝区耕地保护问题的可行性，以期为推进云南省乃至国内外类似山区加强坝区优质耕地保护、合理建设山地城镇发展模式提供理论和技术支撑。

## 1 评价方法

本文讨论的山区城镇建设用地适宜性评价，是在调查分析所研究的山区各类自然、经济等因素基础上，根据城镇生态保护和城镇建设要求对用地进行综合评价，以确定该山区土地用于城镇建设的适宜与否及其适宜性程度。根据“城镇上山”战略的实际需要，本次评价遵循以下4条原则：1）土地对城镇建设的适宜性及其适宜程度；2）因地制宜，充分考虑山区的特点；3）综合分析和主导因素相结合；4）土地利用的可持续性。

### 1.1 评价指标体系构建

土地适宜性评价最为关键性的一个研究环节是合理选取和确定参评因子。在以往的建设用地适宜性评价中，大多通过选取地质、地貌、土壤、气候、植被、土地利用现状、生态环境等方面的指标构建评价指标体系，进而采用某一定量的数学模型进行综合分值的测算，按照分值的大小确定适宜性等级。这种方法有其优点，主要是：1）评价标准和方法易于掌握，便于应用；2）该方法建立在具体数值基础之上，较大地避免了评价的主观性；3）有定量模型支撑，适应于数据库和计算机处理的需要。但是，该方法亦有其缺点，主要是：1）在选择参评因子和分配指数值范围上，仍不免存在主观的影响，甚至某些重要因子可能被忽略或处理不当，因而影响评价结果的准确性，例如，该方法容易出现评价单元上某一指标表明该单元用地不适宜作为建设用地、而该地块的最终综合适宜性分数值又位于适宜建设用地范围内的情况<sup>[16]</sup>，甚至出现地质灾害高易发区、坡度 $\geq 25^\circ$ 区域成为一等宜建地的悖论<sup>[17]</sup>；2）不能表示限制因素的类型和强度，因而不能为土

地使用者选择利用方式和确定相应的土地整治措施提供坚实的基础依据；3) 用某一定量模型测算未必能够较好地处理和反映各因子间的相互关系和共同作用。

在影响山区城镇建设用地适宜性的因子中，有些因子是刚性的（属于特殊因子），如陡坡、重要矿产压覆、地质灾害等；有些则可视作影响城市建设的一般因子（弹性因子），如岩性、土质、水文条件与地基承载力、地面工程量与建设成本、气候条件、供水与排水等条件、交通条件、生态影响度等。也有些因子属于双重因子，如坡度，一般大于 $25^\circ$ 时，列入“一票否决”式的刚性因子，归为“不适宜”类；而小于 $25^\circ$ 时，可以作为适宜性评价的一般参评因子，结合其他因子进行综合评价。因此，在山区城镇建设用地适宜性评价中，需要因地制宜地构建特殊因子指标和一般因子指标相结合的指标体系，并对特殊因子采用极限条件法（也称一票否决法）直接判定评价单元适宜与否，保证评价结果的准确性。因此，本文将评价因子分出特殊因子和一般因子2类，以此构建评价指标体系。

还需要指出的是，从参评因子分级看，目前我国不同研究者在不同地区确定的参评因子分级体系和划分“宜建地”与“禁建地”的指标值很不一致，甚至差异较大，尤其以坡度因子最为突出。显然，由于各地的自然条件等情况相差悬殊，未来一定时期内难以形成全国统一的坡度因子分级体系和划分“宜建地”与“禁建地”的坡度指标，但总体上，一般认为，划分“陡坡”与“缓坡”的坡度界线是 $25^\circ$ ，这也是我国《水土保持法》规定的禁止开垦坡度上限。在建设山地城镇中，当坡面达到 $25^\circ$ 时，各类建筑的不稳定性很大，因此，通常情况下， $\geq 25^\circ$ 的陡坡地宜归为“禁建区”或者“不宜建土地”。

依据上述讨论，按山区城镇自身的特点，并考虑资料的可获得性和指标的可量化性，结合上述山区城镇建设用地适宜性评价的原则，构建了山区建设用地适宜性评价的指标体系：

1) 共包括12个评价指标（或称参评因子）——（1）地形坡度；（2）岩性、土质、水文条件与地基承载力；（3）地质灾害及其威胁程度；（4）地震断裂带分布距离；（5）地面工程量与建设成本；（6）矿产压覆状况；（7）供水、排水等条件；（8）绿化的生境条件；（9）交通条件；（10）基本农田保护区分布状况；（11）生态环境安全程度；（12）自然与文化遗产保护。

2) 对每个指标均分为4级，分别对应着高度适宜（一等宜建地）、中等适宜（二等宜建地）、低度适宜（三等宜建地）和不适宜4个适宜性等级（表1）。例如，对于“地形坡度”这一指标，对应着上述4个适宜性等级的坡度级分别是： $< 8^\circ$ 、 $8^\circ \sim 15^\circ$ 、 $15^\circ \sim 25^\circ$ 和 $\geq 25^\circ$ 。

## 1.2 评价的技术方法

在以往的土地适宜性评价中，有的偏重于“极限条件法”，较少考虑定量的指数计算法，导致在确定适宜等级时难免主观意识偏强；近些年的适宜性评价则大多采用定量的“适宜性指数法”来评定适宜性等级，但如上所述，定量指数模型法也有其缺陷。

考虑到山区生态环境的脆弱性、地质灾害等自然灾害的频发性以及人类生存的安全性和发展的可持续性，本文在评价方法上采用“极限条件法”与“适宜性指数法”有机结合的技术方法，分析和评定每一评价单元图斑可用于城镇建设的适宜性，并评出相应的适宜等级——高度适宜、中度适宜、低度适宜和不适宜。

也就是说，与上述2类参评因子相对应，特殊因子的分析与评价采用“极限条件

表1 山区城镇建设用地适宜性评价参评因子及其分级指标

Table 1 Factors for evaluating the suitability of urban construction land in mountainous areas and their classification indexes

参评因子	城镇建设用地适宜性分级指标				因子性质
	高度适宜 (一等宜建地)	中度适宜 (二等宜建地)	低度适宜 (三等宜建地)	不适宜 (不宜建土地)	
1 地形坡度	<8°	8°~15°	15°~25°	≥25°	刚性/弹性
2 岩性、土质、水文条件与地基承载力	岩层坚硬度高, 地表主要为基岩、杂石, 地下水位低, 地基承载力高	岩层坚硬度较高, 地表沉积物主要为粘土, 地下水位较低, 地基承载力中等	岩层坚硬度较低, 地表沉积物主要为中砂、粗砂, 地下水位偏高, 地基承载力偏低	岩层松散, 地表沉积物主要为细沙, 地下水位高, 地基承载力低	弹性
3 地质灾害及其威胁程度	位于地质灾害非易发区, 无地质灾害隐患点, 未受地质灾害威胁	位于灾害低易发区, 基本无地质灾害隐患点, 受地质灾害威胁程度较低。即使有局部小型灾害隐患, 也易于防治, 对建设不构成影响	位于灾害中易发区, 局部存在小型地质灾害隐患点, 有一定程度的地质灾害威胁, 但采取一定防治措施后, 对建设基本不构成影响	位于灾害点及隐患点、高易发区(或高危险区), 地质灾害威胁较大, 防治难度较大	刚性/弹性
4 距地震断裂带距离	>2 000 m	1 000~2 000 m	500~1 000 m	≤500 m	刚性/弹性
5 地面工程量与建设成本	地形较平坦, 起伏度低, 地表破碎程度很低, 建设的地面工程量较小, 建设成本低	地形较平缓, 起伏度不大, 地表破碎程度较低, 建设的地面工程量不大, 建设成本中等	地形坡度偏大, 起伏度偏大, 地表破碎程度偏高, 建设的地面工程量较大, 建设成本较高	地形较陡, 起伏度大, 地表破碎程度高, 建设的地面工程量很大, 建设成本高	弹性
6 矿产压覆状况	无矿产压覆	基本无矿产压覆	局部存在次要矿产压覆	存在重要矿产压覆	刚性/弹性
7 供水、排水等条件	有良好的水源保证, 供水和排水等水文地质条件较优	有较好的水源保证, 供水和排水等水文地质条件中等	有一定的水源保证, 供水和排水等水文地质条件偏差	水源保证度较低, 供水和排水等水文地质条件较差	弹性
8 绿化的生境条件	优越	较好	一般	较差	弹性
9 交通条件	便利	较便利	一般	较差	弹性
10 基本农田保护区分布状况	位于非基本农田保护区	位于非基本农田保护区	位于非基本农田保护区	位于土地利用总体规划中已划定的基本农田保护区	刚性
11 生态环境安全程度	生态敏感性程度很低, 不会对生态环境造成影响或破坏	生态敏感性程度较低, 可能会对生态环境造成一定的影响, 但通过采取预防措施可以避免对生态环境的破坏	生态敏感性程度偏高, 会对生态环境造成影响和破坏, 需采取相应预防措施才能降低生态影响度, 避免对生态环境的破坏	位于土地利用总体规划中确定的生态环境安全控制区	刚性/弹性
12 自然与文化遗产保护	位于非自然与文化遗产保护区	位于非自然与文化遗产保护区	位于非自然与文化遗产保护区	位于土地利用总体规划中确定的自然与文化遗产保护区	刚性

法”, 即由上述7个特殊因子决定“适宜”或者“不适宜”, 凡某一特殊因子属于“不适宜”范围内, 即评定为“不宜建”, 例如, 如果某地块的地形坡度 $\geq 25^\circ$ , 或者位于地质灾害高危险区, 或者位于地震断裂带500 m范围区, 或者位于重要矿产压覆区, 或者位于基本农田保护区, 或者位于生态环境安全控制区, 或者位于自然与文化遗产保护区之

内,均确定为不适宜建设用地。反之,则视为宜建地。而对于一般因子的分析与评价,则采用定量的“适宜性指数法”进行。这样,将“极限条件法”与“适宜性指数法”有机结合,最大限度地吸收了两种方法的优点,既避免了传统评价方法的严重缺陷,又优于以往单一的综合指数法。

### 1.3 评价的技术步骤

#### 1.3.1 运用“极限条件法”,确定每一评价单元对城镇建设用途的适宜与不适宜

主要考虑上述7个特殊因子。规定:凡是地形坡度 $\geq 25^\circ$ 、或者位于地质灾害高危危险区、地震断裂带500 m范围区、重要矿产压覆区、基本农田保护区、生态环境安全控制区和自然与文化遗产保护区之内的地块,均确定为不适宜建设用地。反之,则视为宜建地。

#### 1.3.2 结合“极限条件法”和“适宜性指数法”,确定宜建地的适宜等级

首先,运用“极限条件法”,确定一等宜建地。按照云南的通常做法,在“宜建地”内,凡是地形坡度 $< 8^\circ$ 的,均评定为一等宜建地。然后,运用“适宜性指数法”,确定二等宜建地和三等宜建地。具体步骤是:

##### 1) 确定单项评价因子指数

理论上,每个单项评价因子指数的取值范围确定为0~100。鉴于每个评价单元(图斑)的评价因子难以准确地定量化,这里按照各个评价因子对应的高度适宜、中度适宜和低度适宜3个等级进行赋值(表2)。

表2 山区城镇建设用地适宜性评价单项因子指数取值

Table 2 Assignments of single factor index for evaluating urban construction land suitability in mountainous areas

适宜等级	高度适宜(一等宜建地)	中度适宜(二等宜建地)	低度适宜(三等宜建地)
取值范围	100~80	80~60	60~40
具体取值	85	65	45

##### 2) 确定综合性适宜指数——山区建设用地综合适宜指数(CSI)

###### 一、计算方法

为了从整体上对山区城镇宜建地的适宜程度等级作出相对合理的综合评定,这里提出一个定量的综合性评价指标,即山区城镇建设用地综合适宜指数(CSI),用以定量反映山区适宜建设用地的适宜性程度。其测算方法如下:

$$CSI = w_1 \cdot I_1 + w_2 \cdot I_2 + w_3 \cdot I_3 + w_4 \cdot I_4 + w_5 \cdot I_5 + w_6 \cdot I_6 + w_7 \cdot I_7 + w_8 \cdot I_8 + w_9 \cdot I_9 + w_{10} \cdot I_{10} \quad (1)$$

式中: $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ 、 $I_5$ 、 $I_6$ 、 $I_7$ 、 $I_8$ 、 $I_9$ 和 $I_{10}$ 分别为参与评定宜建地适宜等级的10个参评因子(即地形坡度,岩性、土质、水文条件与地基承载力,地质灾害及其威胁程度,地震断裂带分布距离,地面工程量与建设成本,矿产压覆状况,供水、排水等条件,绿化的生境条件,交通条件,生态环境安全程度)评价指数值; $w_1$ 、 $w_2$ 、 $w_3$ 、 $w_4$ 、 $w_5$ 、 $w_6$ 、 $w_7$ 、 $w_8$ 、 $w_9$ 和 $w_{10}$ 分别为上述10个评价因子指数( $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 、 $I_4$ 、 $I_5$ 、 $I_6$ 、 $I_7$ 、 $I_8$ 、 $I_9$ 和 $I_{10}$ )的权重值。需要说明的是,本文的评价指标共计12个,其中,基本农田保护、自然与文化遗产保护作为特殊因子之一,不参与宜建地之内的适宜等级评定。

CSI值越高,表示适宜建设用地的适宜性程度越大,亦即适宜程度等级也越高。

###### 二、指标权重的确定方法及结果值

一般,各评价指标对系统的影响程度是不同的,因此,在对系统进行综合评价时,通常需要确定各指标的不同权重值。这是山区城镇建设用地适宜性评价过程中的重要环节。权重的确定方法主要有“主成分分析法”、“层次分析法”、“德尔菲法(Delphi Meth-

od) ”等。其中,德尔菲法(亦称“专家意见法”或“专家函询调查法”)是较为常用的确定权重系数的方法,它通过组织专家对各因子权重进行赋值或打分,并通过反馈概率估算结果后,由专家对各因子权重进行第二轮、第三轮打分,使分散的赋值逐渐收敛,最后得到具有较高准确率的集体判断结果值。

按照德尔菲法,组织了15位具有相关专业背景(土地规划、城市规划、地理学、生态学、地质学和灾害学、经济学等)的专家对上述10个评价因子的权重进行赋值,经过相应处理后,得到了各层次指标的权重值(表3)。

### 3) 确定综合适宜程度等级

按照上述方法,运用GIS技术计算出每个评价单元的综合适宜指数(CSI)值,以此为依据来划分和确定每个评价单元(图斑)的综合适宜程度等级。经反复分析,确定出具体划分综合适宜程度等级的标准(表4)。

表4 山区城镇建设用地的综合适宜等级的划分指标

Table 4 Indexes for dividing comprehensive suitability classes of urban construction land in mountainous areas

适宜等级	高度适宜(一等宜建地)	中度适宜(二等宜建地)	低度适宜(三等宜建地)
山区建设用地的综合适宜指数(CSI)	> 80	80 ~ 75	< 75

## 2 评价实例:德宏州山区城镇建设用地的适宜性评价

### 2.1 研究区域概况

德宏州位于云南省西南部,位置介于97°31'40"~98°43'36"E、23°50'40"~25°20'10"N之间。西、西南、西北和北部与缅甸毗邻,国境线长约504 km。土地总面积1 117 223.57 hm<sup>2</sup>。截至2013年底,全州在行政区划上辖5个县(市),即芒市、瑞丽市、梁河县、盈江县和陇川县。

地貌上属中低山宽谷盆地区,总体上呈山地、河谷、盆地相间平行排列的地貌景观。德宏气候主要属南亚热带季风气候,光、热、水资源丰富,是云南的重要热区之一。州内土壤类型多样,生物资源丰富。

据《云南统计年鉴2014》<sup>[18]</sup>,德宏州2013年末总人口为124.50万人,其中,城镇人口48.18万人,城市化水平38.70%;农村人口76.32万人。2013年末少数民族人口占德宏州总人口的48.08%,以傣族和景颇族最多。2013年全州GDP为230.90亿元,其中,第一产业产值67.34亿元,占GDP的29.16%;第二产业产值74.88亿元,占GDP的32.43%;第三产业产值88.68亿元,占GDP的38.41%。人均GDP为18 666元,在全省16个市(州)中排名第10位。2013年德宏州农民人均纯收入5 608元,在全省16个市(州)中排名第12位。

在土地利用上,有限的坝区既是耕地(尤其是水田和水浇地等优质耕地)的集中分

表3 山区城镇建设用地的适宜性评价参评因子及其权重值

Table 3 Factors for evaluating the suitability of urban construction land in mountainous areas and their weights

评价因子	权重值
1、地形坡度	0.15
2、岩性、土质、水文条件与地基承载力	0.12
3、地质灾害及其威胁程度	0.14
4、地震断裂带分布距离	0.12
5、地面工程量与建设成本	0.10
6、矿产压覆状况	0.08
7、供水、排水等条件	0.10
8、绿化的生境条件	0.04
9、交通条件	0.05
10、生态环境安全程度	0.10
合计	1.00

布区域,也是全州建设用地(尤其是城镇建设用地)的主要分布区域,因此,坝区耕地保护与非农建设占用耕地的矛盾日益突出。

## 2.2 评价范围的确定

根据云南省国土资源厅制定的《云南省完善县乡级土地利用总体规划技术指南(试行稿)》,需要对全州主要城镇周边或者坝区周边的缓坡山地进行城镇建设用地适宜性评价。按照德宏州各县(市)城镇建设实际情况和土地利用特点,本研究针对德宏州全部山区进行适宜性评价。这里的山区概念是相对于云南俗称的“坝区”而言的,坝区(或称“坝子”)是指坡度 $< 8^\circ$ 、连片面积 $\geq 1 \text{ km}^2$ 的山间盆地、谷地和其他平地;而“山区”是指整个辖区内各坝区范围之外、坡度 $\geq 8^\circ$ 的区域<sup>[19]</sup>。利用ArcGIS 9.3软件提取各县(市)第二次土地调查数据库(1:10 000土地利用现状图)中各坝区范围之外、坡度 $\geq 8^\circ$ 的区域范围,经统计,本次评价的区域范围(全州山区)总面积为985 787.40  $\text{hm}^2$ ,占全州土地总面积的88.24%。

## 2.3 评价单元

考虑德宏州实际,评价单元一般采用州域各县(市)第二次土地调查的地块——即1:10 000土地利用现状图中的“现状土地利用图斑”。如果图斑面积较大并跨越几个坡度级时,则以坡度级(分为 $< 8^\circ$ ,  $8^\circ \sim 15^\circ$ ,  $15^\circ \sim 25^\circ$ 和 $\geq 25^\circ$ )为界,分割为几个评价单元。

## 2.4 基础图件等数据来源

1) 德宏州各县(市)第二次土地调查数据库。来源于全国统一部署完成的县级第二次全国土地调查成果。该数据库中包含了各县(市)1:10 000土地利用现状图及其各地类图斑面积等相关属性数据、1:10 000坡度图(分为5级<sup>[20]</sup>)。

2) 德宏州各县(市)1:10 000坝区范围图。来自云南省2011年12月统一完成的“云南省大于1平方公里坝子范围界线核定和地类面积核实工作成果数据库”。

3) 德宏州各县(市)土地利用总体规划图。来源于全国统一部署完成的州县乡三级土地利用总体规划修编(2006—2020年)数据库。包含1:10 000土地利用总体规划图、基本农田保护规划图、建设用地管制分区图等。

4) 区域地质图空间数据库和地质灾害防治规划图。来源于2012年德宏州及各县(市)政府组织完成的《德宏傣族景颇族自治州地质灾害防治规划(2011—2020年)》和各县(市)地质灾害防治规划(2011—2020年)成果。

5) 矿产资源分布图、矿产资源开发利用与保护规划图。来自2009年德宏州及各县(市)政府组织完成的《德宏傣族景颇族自治州矿产资源总体规划(2008—2020年)》和各县(市)矿产资源总体规划(2008—2020年)成果数据库(含图件)。

5) 生态功能区划图。来自德宏州政府2012年4月组织完成的《德宏傣族景颇族自治州生态州建设规划》成果。

6) 林地保护利用规划图或生态公益林分布图。来源于各县(市)2011—2012年完成的县级林地保护利用规划成果。

7) 城镇规划图、交通规划图等其他相关基础图件和数据均来自州职能部门和县(市)职能部门主持完成的相关调查与规划成果。

## 2.5 评价结果分析与讨论

### 2.5.1 山区城镇建设用地适宜性等级面积及比例

根据上述评价方法和步骤,以各县(市)第二次土地调查1:10 000土地利用现状图

的基本图斑为评价单元,以地形坡度图、地质灾害防治规划图、区域地质图空间数据库、矿产资源分布图或矿产资源开发利用与保护规划图、土地利用总体规划图、生态功能区划图、林地保护利用规划图或生态公益林分布图、城镇规划图、交通规划图等基础图件和数据为依据,运用ArcGIS 9.3软件对德宏州山区每一评价单元图斑进行城镇建设用地适宜性评价,得到了以下评价结果:1)德宏州各县(市)山区城镇建设用地适宜性等级面积及比例(表5);2)德宏州山区城镇建设用地适宜性评价图(图1)。

结果表明,德宏州山区宜建地面积达141 676.00 hm<sup>2</sup>,占全州山区土地总面积的14.37%;不宜建土地844 111.40 hm<sup>2</sup>,占全州山区土地总面积的85.63%。表5显示的不宜建土地面积包括:

表5 德宏州山区城镇建设用地适宜性等级面积

Table 5 The areas of mountainous lands with different suitability grade for Urban Construction in Dehong Prefecture

县(市)	山区面积	宜建地面积		其中			不宜建土地	
		合计	占山区面积/%	一等宜建地	二等宜建地	三等宜建地	合计	占山区面积/%
芒市	263 207.93	61 563.37	23.39	7 100.23	17 100.37	37 362.77	201 644.56	76.61
瑞丽市	74 834.12	27 688.71	37.00	2 387.15	9 287.48	16 014.08	47 145.41	63.00
梁河县	104 444.87	11 304.34	10.82	1 215.69	5 584.30	4 504.35	93 140.53	89.18
盈江县	387 342.69	20 830.88	5.38	3 583.56	5 555.04	11 692.28	366 511.81	94.62
陇川县	155 957.79	20 288.70	13.01	2 426.80	8 722.99	9 138.91	135 669.09	86.99
合计	985 787.40	141 676.00	14.37	16 713.43	46 250.18	78 712.39	844 111.40	85.63

1) 坡度 $\geq 25^\circ$ 、水土流失特别严重的陡坡地,面积为263 705.00 hm<sup>2</sup>,占不适宜面积的31.24%。

2) 因岩性、土质、水文条件与地基承载力低,有地质灾害点分布,生态敏感度高限制而造成的不适宜建设地面积580 406.40 hm<sup>2</sup>,占不适宜建设地面积的68.76%。

这一评价结果表明:对 $\geq 25^\circ$ 陡坡地及因其他因素限制而不适宜建设土地实施生态保护,避免建设对生态环境带来的影响和破坏;对 $< 25^\circ$ 缓坡地采取水土保持型技术工程等有利措施,将是德宏州实现土地资源可持续利用和城镇可持续发展的主导性战略措施。

在宜建地中,一等宜建地16 713.43 hm<sup>2</sup>,占宜建地的11.80%;二等宜建地46 250.18 hm<sup>2</sup>,占宜建地的32.65%;三等宜建地78 712.39 hm<sup>2</sup>,占宜建地的55.56%。可见,德宏州主要坝区周边缓坡宜建地以三等宜建地为主,一等宜建地、二等宜建地和三等宜建地的构成比例约为12:33:55。

在全州山区宜建地面积中,以芒市最多,其面积达61 563.37 hm<sup>2</sup>,占全州山区宜建地的43.45%;次为瑞丽市,山区宜建地面积为27 688.71 hm<sup>2</sup>,占全州的19.54%;盈江县和陇川县山区宜建地面积分别为20 830.88和20 288.70 hm<sup>2</sup>,分别占全州山区宜建地的14.70%和14.32%;梁河县山区宜建地面积亦有11 304.34 hm<sup>2</sup>,占全州山区宜建地的7.98%。

## 2.5.2 山区宜建地的土地利用现状分析

从上述山区宜建地的土地利用现状(表6)来看,全州山区宜建地141 676.00 hm<sup>2</sup>中,农用地128 901.36 hm<sup>2</sup>,占90.98%;建设用地6 736.36 hm<sup>2</sup>,占4.75%;其他土地6 038.28 hm<sup>2</sup>,占4.27%。在农用地中,耕地45 635.87 hm<sup>2</sup>(其中33 304.16 hm<sup>2</sup>为质量低劣的坡旱地),占山区宜建地的32.21%;林地62 489.98 hm<sup>2</sup>(多为残次灌丛),占山区宜建地的

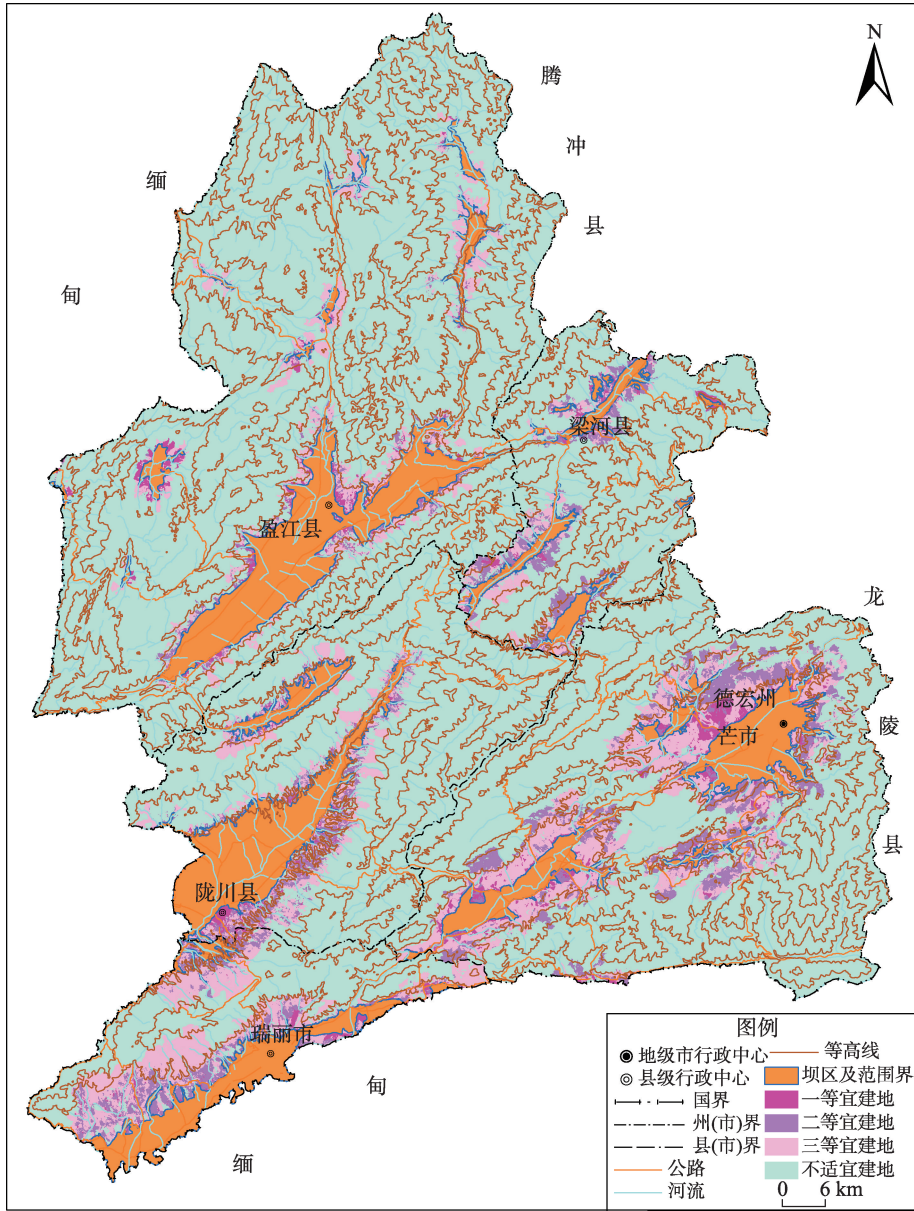


图1 德宏州山区城镇建设用地适宜性评价示意图

Fig. 1 The map of mountainous land suitability evaluation for urban construction in Dehong Prefecture

44.11%。其他土地6 038.28 hm<sup>2</sup>中，多为荒山荒地。总体上分析，山区宜建地中，2/3以上属于质量低劣的坡旱地、残次灌丛和荒山荒地。

### 2.5.3 已有建设用地的分析和评价

从已有建设用地来看，据德宏州第二次土地调查，全州山区建设用地15 375.50 hm<sup>2</sup>，占山区总面积的1.56%。其中，城乡建设用地为12 459.37 hm<sup>2</sup>，占山区建设用地的81.03%；交通水利用地为2 332.20 hm<sup>2</sup>，占山区建设用地的15.17%；其他建设用地为583.93 hm<sup>2</sup>，占山区建设用地的3.80%。将已有建设用地与表6比较可见，山区已有建设用地中的宜建地为6 736.36 hm<sup>2</sup>，占43.81%。也就是说，现有山区建设用地中，1/2以上

表6 德宏州山区宜建地的土地利用现状

Table 6 Present use status of mountainous land suitable for Urban construction in Dehong Prefecture (hm<sup>2</sup>)

现状地类	宜建地合计	一等宜建地	二等宜建地	三等宜建地
1. 农用地	128 901.36	11 419.82	44 517.84	72 963.70
其中：耕地	45 635.87	5 745.19	20 773.55	19 117.13
林地	62 489.98	3 866.06	18 600.97	40 022.94
2. 建设用地	6 736.36	4 549.48	930.14	1 256.75
其中：城乡建设用地	5 761.99	3 819.26	873.45	1 069.30
3. 其他土地	6 038.28	744.11	802.22	4 491.94
合计	141 676.00	16 713.43	46 250.18	78 712.39

属于不宜建地，这些地方大多地处边远山区，地形坡度较陡，地质灾害频发，生存环境恶劣，尤其以山洪、滑坡、泥石流等灾害突出的大盈江流域（梁河县、盈江县）以及芒市、陇川县较为突出，近年来这几个县（市）因地质灾害已经搬迁边远村庄和农户较多。按本次评价结果，从解决“三农”问题、保障农村地区可持续发展出发，未来尚需搬迁的边远村庄和农户应因地制宜地分期分批搬迁至条件相对较好的宜建地。这也表明，虽然本次评价结果主要是为“城镇上山”战略提供依据，但同时也可以为边远农村建设用地的布局优化提供基础依据。

#### 2.5.4 德宏州主要坝区周边缓坡地城镇建设适宜性评价结果在德宏州各县（市）“城镇上山”型土地利用总体规划（2010—2020年）修编中的应用情况

强化坝区耕地保护、推动城乡建设用地向坝区周边缓坡宜建地布局，这是云南省政府确定的新型发展战略模式。本文评价结果表明，德宏州主要坝区周边缓坡地宜建地资源丰富，在该州调整城乡建设用地布局、强化坝区耕地保护、发展山地城镇是可行的。

近年来，本次评价成果已在德宏州各县（市）“城镇上山”型土地利用总体规划（2010—2020年）修编中得到了具体的应用。

基本应用过程是：各县（市）“城镇上山”型土地利用总体规划（2010—2020年）修编中，以德宏州山区城镇建设适宜性评价数据库（1:10 000山区城镇建设适宜性评价图）为基础依据，对现行土地利用总体规划（2006—2020年）中的建设用地布局进行调整和优化，将原来布局于坝区的新增建设用地（尤其是城镇、工业等用地项目）尽可能布局到缓坡山地，要求各县（市）山区新增建设用地占辖区新增建设用地比例应当在50%以上，山区新增建设用地占用耕地比例不超过30%。与此同时，相应地对现行土地利用总体规划（2006—2020年）中的基本农田布局进行调整，要求各县（市）坝区现有耕地划为基本农田面积应占坝区耕地总面积的80%以上，将以往规划布局中的“基本农田上山”模式改为“基本农田下坝”模式，有效地保护坝区优质耕地。

成果应用的成效是显著的，通过应用评价成果进行“城镇上山”型土地利用总体规划（2010—2020年）修编，德宏州显著加大了对基本农田的保护规模和力度，全州基本农田保护面积净增了6 276.42 hm<sup>2</sup>，其中坝区的基本农田保护面积净增了3 055.34 hm<sup>2</sup>；坝区基本农田占坝区耕地面积的比例（即坝区耕地保护率）达84.06%，比原来的土地规划提高了3.83个百分点。同时，有效地促进了全州城镇等建设用地向山地布局，2010—2020年山区新增建设用地面积占到了全州新增建设用地总量的50.57%，山区新增城乡建设用地规模（净增量）占到了全州的67.13%，比原来的土地规划提高了44.38个百分点。

### 3 基本结论

在实施“城镇上山”战略中,对山区建设用地的适宜性评价是一项必不可少的基础性工作。结合我国西南山区特点,以云南省德宏州为例进行了山区城镇用地适宜性评价研究,建立了一套针对山区城镇建设用地适宜性评价的指标体系和评价方法,并借助GIS技术得出比较合理的评价结果。

1) 在分析传统的综合指数评价法优点与缺点基础上,将山区城镇建设用地适宜性的评价因子分为特殊因子和一般因子两类,并相应地采用“极限条件法”与“适宜性指数法”相结合的评价方法,不仅吸收了两种方法的优点,还避免了传统评价方法的严重缺陷,使评价结果更为准确。

2) 对德宏州主要坝区周边缓坡地城镇建设适宜性评价结果表明,在全州山区面积985 787.40 hm<sup>2</sup>中,其宜建地和不宜建地分别占14.37%和85.63%,一等宜建地、二等宜建地和三等宜建地的构成比例约为12:33:55。对德宏州评价结果的分析表明,通过调整城乡建设用地布局、强化坝区耕地保护这一举措,逐步将城乡建设用地调整到山区缓坡宜建地,不仅是必要的,也是完全可行的。这一评价成果已在德宏州各县(市)“城镇上山”型土地利用总体规划(2010—2020年)修编之中得到了较好的应用,成效明显。

#### 参考文献(References):

- [1] 杨纯朴. 21世纪城市建设的十大模式[J]. 21世纪, 1995(4): 35. [YANG C P. Ten modes of city construction in the 21st century. *The Twenty-first Century*, 1995(4): 35. ]
- [2] 陈文雅, 郭琼. 供地指标告急 国土部“上山”开路[N]. 经济观察报, 2011-10-17(39). [CHEN W Y, WU Q. Carving out the way of “Constructions-on-Mountains” by Ministry of Land and Resources for solving the emergency in land supply indicators. *The Economic Observer*, 2011-10-17(39). ]
- [3] 杨子生, 赵乔贵. 基于第二次全国土地调查的云南省坝区县、半山半坝县和山区县的划分[J]. 自然资源学报, 2014, 29(4): 564-574. [YANG Z S, ZHAO Q G. Study on dividing flatland county, semi-mountainous & semi-flatland county and mountainous county in Yunnan Province based on the Second National Land Survey. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(4): 564-574. ]
- [4] HE Y M, YANG Z S, ZOU J L. Analysis on the necessity and feasibility of implementing the strategy of “protecting farmland in flatland areas and constructing mountainous cities” in Yunnan Province [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2015, 16(4): 769-773.
- [5] 杨子生, 刘彦随, 卢艳霞. 山区水土流失防治与土地资源持续利用关系探讨[J]. 资源科学, 2005, 27(6): 146-150. [YANG Z S, LIU Y S, LU Y X. Sustainable use of land resources and soil erosion control in mountainous areas. *Resources Science*, 2005, 27(6): 146-150. ]
- [6] SINGH R B. Understanding high mountain land use towards sustainable environmental management in Jammu and Kashmir [C]//HAIGH M J, KRECEK J, RAJWAR G S, et al. *Headwaters: Water Resources and Soil Conservation. Proceedings of Headwater'98, the Fourth International Conference on Headwater Control*, Merano, Italy. Brookfield, Vt: A. A. Balkema, 1998: 409-422.
- [7] 陈百明, 张凤荣. 中国土地可持续利用指标体系的理论与方法[J]. 自然资源学报, 2001, 16(3): 197-203. [CHEN B M, ZHANG F R. Theory and methodology for sustainable land use indicator system in China. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(3): 197-203. ]
- [8] LIN L L, WANG C W, CHIU C L, et al. A study of rationality of slopeland use in view of land preservation [J]. *Paddy and Water Environment*, 2011, 9: 257-266.
- [9] ZHU Q J, SU Y P, WU D D. Risk assessment of land-use suitability and application to Tangshan City [J]. *International Journal of Environment and Pollution*, 2010, 42(4): 330-343.
- [10] MCHARG I L. *Design with Nature* [M]. New York: Natural History Press, 1969: 15-40.

- [11] FAN C J, SHEN S G, WANG S H, et al. Research on urban land ecological suitability evaluation based on gravity-resistance model: A case of Deyang city in China [J]. *Procedia Engineering*, 2011, 21: 676-685.
- [12] XU K, KONG C F, LI J F, et al. Suitability evaluation of urban construction land based on geo-environmental factors of Hangzhou, China [J]. *Computers & Geosciences*, 2011, 37: 992-1002.
- [13] 尹海伟, 孔繁花, 罗震东, 等. 基于潜力-约束模型的冀中南区域建设用地适宜性评价 [J]. *应用生态学报*, 2013, 24(8): 2274-2280. [YIN H W, KONG F H, LUO Z D, et al. Suitability assessment of construction land in the central and southern parts of Hebei Province, China based on potential-limitation model. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2013, 24(8): 2274-2280. ]
- [14] 党丽娟, 徐勇, 汤青, 等. 广西西江沿岸后备适宜建设用地潜力及空间分布 [J]. *自然资源学报*, 2014, 29(3): 387-397. [DANG L J, XU Y, TANG Q, et al. Potential and spatial distribution of suitable construction land along the Xijiang Riverside in Guangxi. *Journal of Natural Resources*, 2014, 29(3): 387-397. ]
- [15] HE Y M, YANG Z S, ZHANG B S, et al. Study on urban construction land suitability evaluation in southwestern mountainous areas of Yunnan Province based on the strategy of “protecting farmland in flatland areas and constructing mountainous cities”: A case in Lianghe County [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2014, 15(10): 1774-1777.
- [16] 杨子生, 王辉, 张博胜. 中国西南山区建设用地适宜性评价研究——以云南芒市为例 [C]// 杨子生. 中国土地开发整治与建设用地上山研究. 北京: 社会科学文献出版社, 2013: 112-120. [YANG Z S, WANG H, ZHANG B S. Study on constructive land suitability evaluation in China's southwestern mountainous areas: A case in Mangshi, Yunnan Province // YANG Z S. *Research on Land Development & Rearrangement and Building Urban and Industrial Projects on Mountainland in China*. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2013: 112-120. ]
- [17] 周豹, 赵俊三, 袁磊, 等. 低丘缓坡建设用地适宜性评价体系研究——以云南省宾川县为例 [J]. *安徽农业科学*, 2013, 41(28): 11528-11531. [ZHOU B, ZHAO J S, YUAN L, et al. Evaluation of constructional suitability of low-hilly and slow-sloping land: A case study of Binchuan County of Yunnan Province. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(28): 11528-11531. ]
- [18] 云南省统计局. 云南统计年鉴 2014 [M]. 北京: 中国统计出版社, 2014: 20-625. [Yunnan Provincial Bureau of Statistics. *Yunnan Statistical Yearbook 2014*. Beijing: China statistics press, 2014: 20-625. ]
- [19] LU Y Y, YANG Z S. Analysis of land use characteristics in mountainous areas in Yunnan Province based on Second National Land Survey [J]. *Agricultural Science & Technology*, 2014, 15(9): 1438-1440
- [20] 中华人民共和国国土资源部. 第二次全国土地调查技术规程 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 1-74. [Ministry of Land and Resources of the People's Republic of China. *The Technical Rules of the Second National Land Survey*. Beijing: China Standards Press, 2007: 1-74. ]

## Land Suitability Evaluation for Urban Construction and Its Application in Mountainous Areas: A Case Study in Dehong Dai-Jingpo Autonomous Prefecture, Yunnan Province

YANG Zi-sheng

(Institute of Land & Resources and Sustainable Development, Yunnan University of Finance and Economics,  
Kunming 650221, China)

**Abstract:** Constructing mountainous cities is one of the ten models of urban construction in the 21st century. In order to expand the urban development space and protect high quality farmland in plains or flatland areas, the Ministry of Land and Resources of China determines to develop the slopes and build urban and industrial projects on mountainland as one of the countermeasures. Carrying out the evaluation of land suitability for urban construction in

mountainous areas will provide a foundation and support for constructing mountainous cities. For the research of land suitability evaluation for urban construction in mountainous areas is still weak, the evaluation index system, evaluation standard, techniques, method and other key problems need in-depth and extensive discussion and empirical research. Given this, this study built constructive land suitability evaluation index system which contains seven special factors and ten general factors, five of which are special factors at the same time, according to the particularity of urban construction in mountainous areas. And then, by using an approach combining the “Extreme Conditions Method” and “Suitability Index Method”, with the help of GIS technology, this study determined each single index of evaluation factors and the comprehensive suitability index, and analyzed and assessed the constructive land suitability of each evaluation unit and its suitability grade in mountainous areas of Dehong Dai-Jingpo Autonomous Prefecture in Yunnan Province by using basic pattern spots on 1:10 000 land-use map in the Second National Land Survey as the evaluation unit. The results show that, in the mountainous areas of 985 787.40 hm<sup>2</sup> in the prefecture, the area of land suitable for construction and non-suitable for construction respectively account for 14.37% and 85.63%. And the composition of first grade, second grade and third grade of land suitable for construction are 12:33:55. The evaluation results have been applied in the revision and compilation of “General Land Use Planning (2010–2020) in Dehong Dai-Jingpo Autonomous Prefecture”, which achieved obvious effects. Based on the strategy of “Constructing Mountainous Cities”, Dehong Prefecture eventually successfully implemented its strategy of “Protecting Flat Farmland and Constructing Mountainous Cities”, by which more than 84% of qualified farmlands in flat areas throughout the prefecture were under effective permanent protection and the occupation of farmlands reduced substantially. The suitability evaluation index system and the method developed in this study are applied for evaluating the construction land suitability in mountainous areas in Yunnan, however it will provide a technical support for high quality farmland protection in flatland areas and a reasonable pattern of urban construction in mountainous areas in not only Yunnan Province, but also domestic and foreign similar mountainous areas.

**Key words:** mountainous area; urban constructive land; suitability evaluation; extreme conditions method; suitability index; Dehong Dai-Jingpo Autonomous Prefecture